

## Список использованных источников

1. Нефтегазхимкомплект.рф [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://iodine.agronationale.ru/goods/kuporos\\_tsinkovyy-40462.html](http://iodine.agronationale.ru/goods/kuporos_tsinkovyy-40462.html) – свободный. – Рус.
2. FindPatent.ru. Патентный поиск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/220/2202517.html> – свободный. – Рус.
3. Файловый архив для студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/2066364/> – свободный. – Рус.
4. Эксплуатация и устройство печей кипящего слоя для выпаривания растворов, прокали и сушки материалов: опыт Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината им. В.И.Ленина / Бурдаков Ю.М., Полупанов Г.Г., Кучин Г.М. – М: Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований цветной металлургии, 1965. – 55 с.

УДК 620.91

**С. А. Шукин, А. Н. Лошкарёв**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА В КОТЛЕ КВ-ГМ2

### Аннотация

*В работе представлено исследование методами компьютерного моделирования процесса сжигания жидкого топлива форсункой ФП-1100 в котельной установке КВ-ГМ 2. Исследование производилось с помощью прикладного пакета ANSYS CFX. В качестве топлива в данной работе использовался керосин, а в качестве окислителя - воздух. Итоги работы представлены графически и отражают температурные и скоростные поля, а также массовые доли реагирующих компонентов.*

*Ключевые слова: топливосжигающее устройство, форсунка, жидкое топливо, компьютерное моделирование, горение, ANSYS CFX, температурные поля.*

### Abstract

*In work research by methods of computer modeling of process of combustion of liquid fuel by FP-1100 nozzle in the KV-GM 2 boiler installation is presented. Research was made by means of an applied ANSYS CFX package. As fuel in this work kerosene, and as an oxidizer - air was used. Results of work are presented graphically and reflect temperature and high-speed fields, and also mass fractions of the reacting components.*

*Keywords: fuel burning device, nozzle, liquid fuels, computer modeling, combustion, ANSYS CFX, the temperature field.*

Котельная установка КВ-ГМ2 с номинальной мощностью 2 МВт (тип котла трехходовой жаротрубный) используется для нагрева воды с номинальным расходом 68,67 т/ч (рис. 1). Котел работает на различных видах топлива (природный газ, мазут, сырая нефть). Необходимо проверить, обеспечит ли форсунка сжигание топлива в рабочем пространстве так, чтобы процесс образования пламени завершился в пределах жаровой камеры.

Для распыливания топлива применяют специальные форсунки. Форсунка пневматическая производительностью 200 кг/ч (рис. 2) предназначена для распыливания мазута при его сжигании газомазутной горелкой ГМП-12 [2].



- создание геометрии модели;
- формирование начальных и граничных условий;
- получение решения в графическом виде для последующего анализа.

В качестве инструмента решения поставленных задач был выбран модуль ANSYS CFX, являющийся мощной платформой для моделирования химических реакций и процессов горения, связанных с течением жидкости или газа, что позволяет детально изучить оборудование и процессы изнутри, тем самым повысить эффективность, увеличить срок службы и оптимизировать процессы.

Первым этапом компьютерного моделирования является создание трехмерной модели рабочей области котельной установки и топливосжигающего устройства в программном пакете КОМПАС-3D. Данная геометрия была перенесена с помощью встроенной функции импорта в ANSYS Workbench (рис. 3).

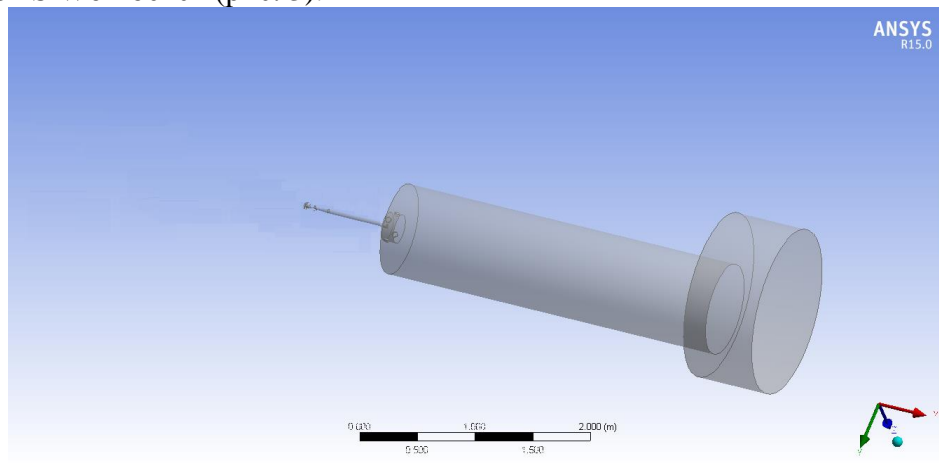


Рис. 3. Трехмерная модель топки с установленной форсункой

Следующим шагом в процессе моделирования является создание расчетной сетки. Сетка генерируется на геометрической модели и является основой для составления и решения системы уравнений в матричном виде. Создание сетки является неотъемлемой частью процесса компьютерного инженерного моделирования (CAE). Качество сеточной модели влияет на точность, сходимость и скорость получения решения [1].

Следующий шаг является создание начальных и граничных условий

В качестве исходных данных были заданы:

- массовые доли состава реагирующих веществ, в состав которого входят следующие компоненты: жидкое топливо (керосин), состоящий из химических соединений  $n$ -декан  $C_{10}H_{22}=0,6$  и триметилбинзола  $C_9H_{12}=0,4$ , а также воздух, состоящий из  $O_2=0,233$  и  $N=0,767$ ;

Граничные условия:

- расход топлива во входном сечении форсунки при нормальной производительности, давление воздуха перед горелкой, температура воздуха и жидкого топлива, диаметр частиц капель жидкого топлива;
- модель турбулентности  $k$ -Epsilont, модель реакции горения PDF Flamelet, модель излучения P1.

$k$ -Epsilont – это модель кинетической энергии турбулентности, которая с помощью встроенных констант и уравнений позволяет интенсифицировать смешения топлива и окислителя.

PDF Flamelet – это модель микроэлементного пламени для гомогенного горения.

P1 – это модель учитывающая теплообмен между газом и частицами, а также их рассеивание.

Для заданных граничных условий был проведен компьютерный расчет и получены результаты в виде температурных полей в рабочем пространстве (рис. 4), распределения скоростей (рис. 5), поля концентраций продуктов (рис. 6) и массовая доля  $CO_2$  (рис. 7).

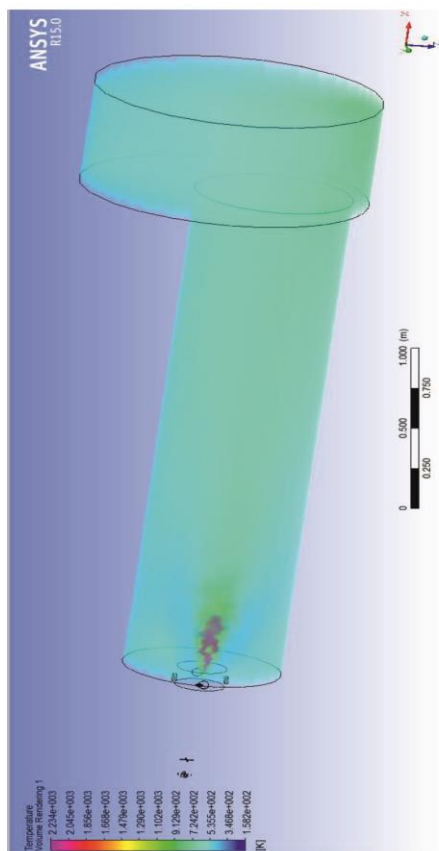


Рис. 4. Распределение температурных полей

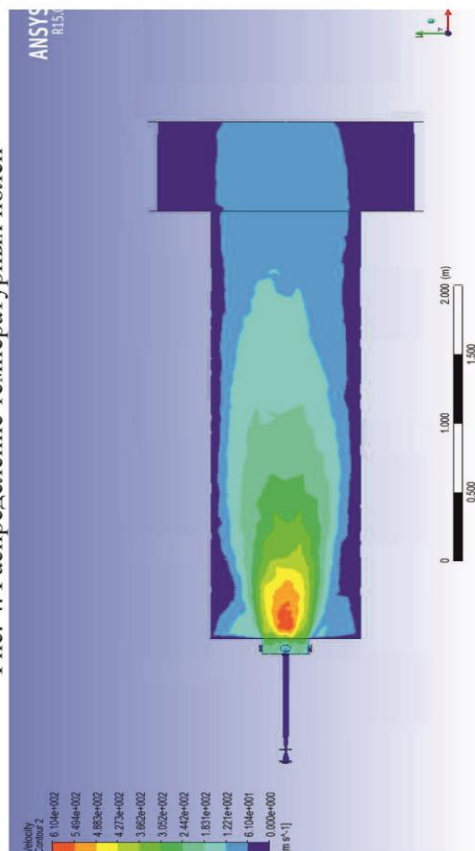


Рис. 5. Распределение скоростей

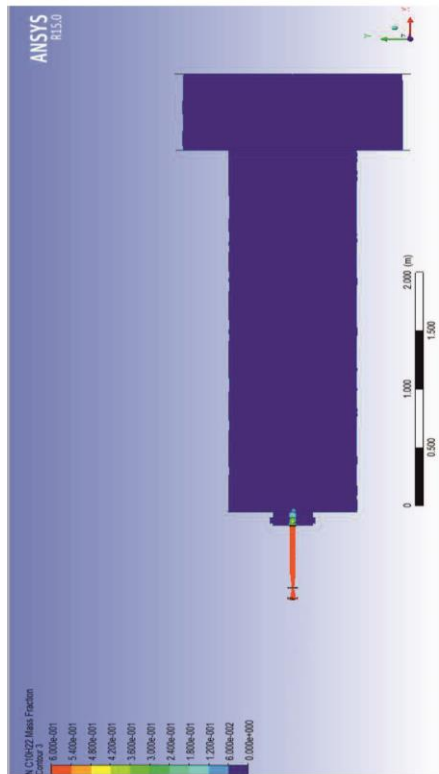


Рис. 6. Масса фракции N C10H22

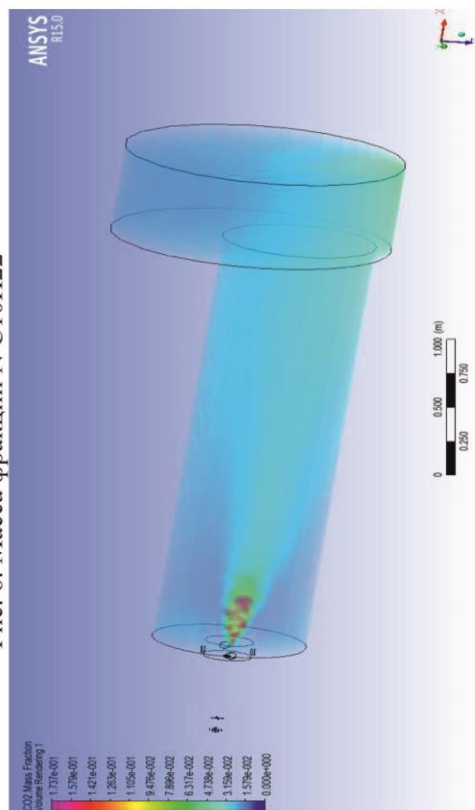


Рис. 7. Массовая доля CO<sub>2</sub>

Проанализировав полученные результаты можно выявить следующие показатели:

- максимальная температура в рабочем пространстве агрегата составила  $t_{max} = 2223,61$  К, причем максимум температур приходится на первую треть объема топки. В остальной части топки температура не превышает 800–900 °С.

- максимальная скорость в объеме топки составляет 610,398 м/с и достигается в той области, где наблюдается максимум температур. При дальнейшем распространении факела скорость снижается и принимает стабильные значения в последней четверти объема топки на уровне 6,104 м/с.

- анализ данных о распределении в объеме топки массы основного компонента исследуемого топлива  $N C_{10}H_{22}$  говорит о том, что происходит быстрое испарение капель жидкого топлива с последующим интенсивным выгоранием образовавшихся газообразных компонентов в коротком высокотемпературном факеле.

Изучив данные, о распределении температур, можно сделать вывод о том, что процесс горения происходит в рабочем пространстве и не уходит за пределы жаровой камеры, что предотвратит преждевременный прогар жаровых труб и выход котла из строя. Однако использование керосина в качестве топлива дает высокое локальное тепловыделение, сосредоточенное лишь в небольшой части всего объема топки, что неизбежно приведет к преждевременному выходу из строя жаровой камеры котла.

Дальнейшие работы по компьютерному моделированию направлены на изучение возможности применения в котле КВ-ГМ2 других видов жидкого топлива, таких как мазуты различных марок и сырая нефть с целью получения наиболее оптимального распределения температур в объеме топочной камеры.

#### Список использованных источников

1. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учеб. пособ. / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова [и др.]. – Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.
2. Паспорт форсунки пневматической ФП-1100: ОАО «ВНИИМТ» – Екатеринбург, 2008. – 10 с.
3. Топливо и расчеты его горения: учеб. пособ. / С.Н. Гущин, Л.А. Зайнулин, М.Д. Казяев, Б.П.Юрьев, Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. – 89 с.

УДК 621.311.22

**В. С. Яркова, В. И. Матюхин**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

### ВЫБОР СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ПОДТЕЛЕЖЕЧНОГО ПРОСТРАНСТВА ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

#### Аннотация

*Целью исследований было изыскание возможности снижения расхода газа при обжиге стеновой керамики. Разработаны мероприятия по реконструкции туннельных печей, приведены соответствующие теплотехнические расчеты. Капиталовложения на реконструкцию печи окупаются за полгода, КПД печи повышается на 100 %, экономия газа до 3 млн. м<sup>3</sup> в год.*

*Ключевые слова: туннельная печь; снижение расхода природного газа; теплотехнические расчеты; совершенствование печи.*

#### Abstract